СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.326

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-69-76

О динамике улучшения технологических и эксплуатационных свойств пенобетонов при их дисперсном армировании полипропиленовыми волокнами

В.Н. Моргун ✉

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ vnmorgun@sfedu.ru

Аннотация

Введение. Кратко отражена эффективность производства и применения в строительстве материалов из газонаполненных бетонов. Перечислены причины ограничения номенклатуры выпускаемых изделий. Приведена информация об эволюции технологии пенобетонов, дисперсно армированных волокнами. Сформулирована необходимость в научных исследованиях, направленных на изучение динамики технологических и эксплуатационных свойств пенобетонов при их дисперсном армировании полипропиленовыми волокнами.

Материал и методы. Перечислены состав и свойства материалов, использованных для изготовления пенобетонных смесей. Указан перечень методов, примененных при оценке технологических и механических свойств исследуемых материалов.

Результаты исследования. Приведены результаты экспериментальной оценки влияния длины и расхода полипропиленовой фибры на динамику роста пластической прочности в равноплотных пено- и фибробетонных смесях. Выполнен анализ меры влияния полипропиленовой фибры на динамику пластической прочности исследуемых смесей. Дано научное обоснование причин ускорения процессов массопереноса при дисперсном армировании смесей волокнами. Приведены результаты испытаний на растяжение при изгибе крупноразмерных образцов из бетона D600.

Обсуждение и заключение. Установлено эффективное положительное влияние полипропиленовой фибры на свойства пенобетона, корреляционно зависящее от её длины, а именно:

– скорость фазового перехода;
– предельная растяжимость;
– модуль упругости и прочность бетона D600.

Ключевые слова: пенобетонная смесь, фибра, пластическая прочность, прочность на растяжение при изгибе

Для цитирования. Моргун В.Н. О динамике улучшения технологических и эксплуатационных свойств пенобетонов при их дисперсном армировании полипропиленовыми волокнами. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2023;2(4):69–76. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-69-76

Original article

About Dynamics of Improving the Foam Concrete Technological and Operational Properties upon Disperse Reinforcement with Polypropylene Fibers

Vladimir N. Morgun ✉

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ vnmorgun@sfedu.ru

Abstract

Introduction. The efficiency of the foam concrete products manufacture and application in construction is briefly overviewed. The reasons constraining the nomenclature of the manufactured products are listed. The information

about evolvement of the foam concrete disperse fiber-reinforcement technology is provided. The need for scientific research aimed at studying the dynamics of the foam concrete technological and operational properties upon disperse reinforcement with polypropylene fibers is formulated.
Materials and Methods. The composition and properties of the materials used for manufacturing the foam concrete mixtures are listed. The methods used for assessing the technological and mechanical properties of the materials under study are indicated.
Results. The results of the experimental assessment of the polypropylene fiber length and amount influence on the dynamics of the plastic strengthening growth of the equally dense foam and fiber-reinforced concrete mixtures are presented. The scope of the polypropylene fiber influence on the dynamics of the studied mixtures plastic strengthening is analysed. The scientific substantiation of the reasons accelerating the mass transfer processes during the disperse reinforcement of mixtures with fibers is given. The results of the bending tensile strength tests of the large-size D600 concrete specimens are presented.
Discussion and Conclusion. The efficient positive influence of the polypropylene fiber, in correlation with its length, on the following foam concrete properties has been distinguished:
– speed of phase transfer;
– ultimate extensibility;
– elasticity and strength modulus of D600 concrete.

Keywords: foam concrete mixture, fiber, plastic strengthening, bending tensile strength

For citation. Morgun VN. About Dynamics of Improving the Foam Concrete Technological and Operational Properties upon Disperse Reinforcement with Polypropylene Fibers. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning.* 2023;2(4):69–76. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-69-76

Введение. Практическая потребность в строительных изделиях из высококачественных газонаполненных бетонов диктуется проблемами энерго- и ресурсосбережения, существующими в современном социуме и весьма остро проявляющимися в строительстве, потому что именно эта отрасль материального производства характеризуется максимальной материалоемкостью [1, 2]. Самыми эффективными с этой точки зрения принято считать ячеистые бетоны, которые представлены в практике строительства изделиями заводского производства двух видов: пенобетонами и газобетонами.

Если рассматривать номенклатуру строительных изделий, которая корреляционно зависит от технологических и эксплуатационных свойств этих материалов, то важно констатировать, что во второй половине XX века наилучшими из перечисленных свойств обладали газобетоны [3]. Из газобетонных смесей по автоклавной технологии изготовлялась обширная номенклатура строительных изделий, важнейшими из которых были крупноразмерные плиты покрытий промзданий и стеновые панели, производство которых впервые в мировой практике было освоено в 1953 г. специалистами СССР [4].

Высокий уровень требований к сопротивлению теплопередаче, который был принят в европейских странах в 80-х годах прошлого века, а в РФ вступил в действие с 01.01.2000 г., привел к тому, что из автоклавных газобетонов большинство действующих предприятий изготовляет только мелкоштучные изделия в виде блоков. Основной причиной утраты освоенной ранее номенклатуры изготовляемых изделий стала прочность на растяжение, которая у всех разновидностей бетонных материалов, изготовляемых по автоклавной технологии, составляет 8…15 % от прочности на сжатие.

Наиболее привлекательными для современного строительства по плотности являются ячеистые бетоны марок D400…D600 при их классе по прочности на сжатие B3,5…5,0 МПа. Это значит, что их прочность на растяжение не превышает 0,5 МПа. При такой прочности кантование крупноразмерных панелей становится технически неосуществимым, поэтому предприятия и стали выпускать только мелкоштучные изделия.

Теория и практика пенобетонов, дисперсно армированных волокнами, прочность которых на растяжение может в разы превышать это же свойство автоклавного газобетона [5, 6], начала историю своего развития на кафедре «Технология строительных изделий и конструкций» Ленинградского инженерно-строительного института в 80-х годах прошлого века [7] с попытки применения отходов полиамидных волокон в одностадийной технологии пенобетонов [8].

С тех пор прошло более 40 лет, изменились технологии и свойства синтетических волокон, выпускаемых современной промышленностью [9, 10]. Накопился объем знаний об этапах и процессах массопереноса, протекающих при формировании упругой структуры пенобетонов [11, 12]. Поэтому в данной работе будет рассмотрена важная для практики применения таких бетонов в строительстве взаимосвязь между механическими свойствами пенобетонных смесей и эксплуатационными — затвердевших материалов.

Материалы и методы. Для изготовления равноплотных пенобетонных смесей применяли рядовой портландцемент ОАО «Новоросцемент» ПЦ 500 Д0, в котором содержание C3S составляло 57,92 %, C2S — 21,06 %, C3A — 5,54 %, C4AF достигало 12,98 %. В качестве заполнителя применялся речной песок чистый сухой фракции мельче 0,315 мм. Соотношение по массе между вяжущим и заполнителем составляло Ц:З = 1:1.

В качестве дисперсной арматуры применяли щелочестойкую полипропиленовую фибру (ПП), производимую ООО «Си-Айрлайд» и обладающую следующими свойствами:

– плотность 0,91 г/см^3;
– водопоглощение 0,1 %;
– модуль упругости 8000 МПа;
– прочность на растяжение 600 МПа;
– предельная растяжимость до 15 %;
– длина 18 и 40 мм;
– диаметр 0,018 мм.

В качестве пенообразователя был использован «Lumorol GR 1550» ООО «Компания Русский Ветер». Вода водопроводная.

Изготовление пенобетонных смесей осуществляли по одностадийной технологии в лабораторном турбулентном смесителе емкостью 60 литров при скорости вращения рабочего органа 750 об/мин. Исследования динамики изменения пластической прочности классических пеносмесей и дисперсно армированных полипропиленовой фиброй различной длины осуществляли в течение 3-х часов после формования экспериментальных образцов по методике [13].

Оценку механических свойств затвердевших пенобетонов в состоянии естественной влажности выполняли по результатам испытаний образцов-кубов размером 100×100×100 мм и балок размером 150×150×600 мм, твердевших в нормальных условиях 28 дней.

Результаты исследования. В таблице 1 приведены экспериментально полученные результаты влияния полипропиленовой фибры длиной 18 и 40 мм на динамику изменения во времени пластической прочности — важнейшего технологического свойства, управляющего мерой дефектности затвердевшего пенобетона. Известно [14, 15], что для любого вида газонаполненного бетона чем быстрее величина пластической прочности смесей достигает уровня, превышающего 200 Па, тем он будет прочнее.

Таблица 1

Влияние длины и расхода полипропиленовой фибры на динамику роста пластической прочности в равноплотных пенобетонных смесях

Содержание фибры		Плотность, г/л		Длина фибры, мм	Пластическая прочность (Па) через время твердения (мин.)				
% от объема цементного камня	г/замес	смеси	сухого бетона		0	30	60	120	180
0	нет	822	616	0	48	61	76	103	171
0,75	56,1	825	603	18	50	70	97	134	215
1,5	132,2	811	596	18	53	77	103	175	382
0,75	56,1	806	601	40	51	89	114	186	422
1,5	132,2	805	592	40	55	96	119	216	482

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что сразу после укладки пенобетонных смесей в опалубку различия в величине пластической прочности, которую также называют вязкостью смесей, незначительны. Эти различия не превышают 15 %, а при сравнении значений по абсолютной величине можно считать, что они укладываются в диапазон ошибок измерения. Однако с течением времени различия интенсивно нарастают. И через 3 часа твердения они превышают 180 %.

Полувековой практический опыт производства мелкоштучных блоков из газосиликата говорит о том, что резку газобетонных массивов на технологических линиях начинают после достижения ими пластической прочности, равной 200 Па. Следовательно, можно утверждать, что указанная величина достоверно характеризует достаточную для практики структурную устойчивость газонаполненного бетона, который находится в стадии фазового перехода «из вязкого в упругое».

Из полученных данных (таблица 1) следует, что пенобетонные смеси, не содержащие дисперсной арматуры, должны быть защищены от любых видов внешних воздействий (перемещений, толчков, колебаний температуры и влажности окружающей среды и т. п.) в течение времени, превышающего 3 часа.

Если пеносмесь дисперсно армировать короткой фиброй (18 мм) в незначительном количестве (примерно 0,75 % от объема цементного камня), то время выдержки можно ограничить 3 часами. А при более высоком содержании короткой фибры в структуре межпоровых перегородок время, необходимое для обеспечения достаточной структурной прочности, сокращается до 2,5 часов.

Использование длинной фибры (40 мм) позволяет достигать более существенного положительного влияния на динамику пластической прочности в пенобетонных смесях (см. таблицу 1). При содержании 40-милиметровой фибры в количестве 0,75 % от объема цементного камня смеси достигают достаточной для практики макроструктурной прочности через 2,25 часа. Большее содержание длинной фибры (1,5 %) гарантированно обеспечивает необходимую меру стабилизации газонаполненной структуры уже через 2 часа выдержки бетонной смеси в формах.

Анализ причин явлений, установленных в ходе экспериментальных исследований, показывает, что они относятся к уровню слабых взаимодействий, возникающих в высокообводненных дисперсных системах [12]. У использованной в исследованиях синтетической фибры диаметр более чем в 1000 раз меньше длины.

Фибра, в отличие от песка — зернистого заполнителя, является гибким сырьевым компонентом, обладающим анизотропностью формы. Фибра при изготовлении пенобетонной смеси располагается в объеме межпоровых перегородок за счет своей способности искривляться под действием капиллярных сил жидкой фазы. Эта её особенность чрезвычайно важна для технологии пенобетонных смесей, потому что гибкость синтетической фибры исключает возможность разрушения пенных пленок в период их приготовления и транспортирования.

Кроме того, все высокомолекулярные синтетические материалы по сравнению с минеральными обладают более высоким поверхностным энергетическим потенциалом [16]. А учитывая электролитические свойства воды и поверхностный потенциал фибры, можно полагать, что дисперсная арматура в составе пенобетонной смеси после завершения перемешивания и укладки в опалубку становится активным инициатором формирования линейных кластеров в структуре межпоровых перегородок.

Из работ В.Т. Перцева [17] следует, что при формировании цементосодержащих кластеров в обводненных дисперсных системах всегда имеет место процесс, заключающийся в отжатии из их структуры физически слабо связанной воды по направлению от центра к периферии. Полагаю, что именно этот процесс массопереноса предопределяет ускоренный фазовый переход «из вязкого в твердое» (таблица 1), выражающийся в ускоренном росте пластической прочности исследованных смесей и зафиксированный в ходе настоящих исследований.

Экспериментальную оценку меры упрочнения пенобетона при дисперсном армировании его полипропиленовой фиброй различной длины в количестве 1,5 % от объема цементного камня осуществляли на образцах из пенобетона плотностью 600 кг/м^3 размером 150×150×600 мм. Полученные результаты отражают существенное влияние длины фибры на модуль упругости, прочность и предельную деформативность пенобетона 600 (рис. 1).

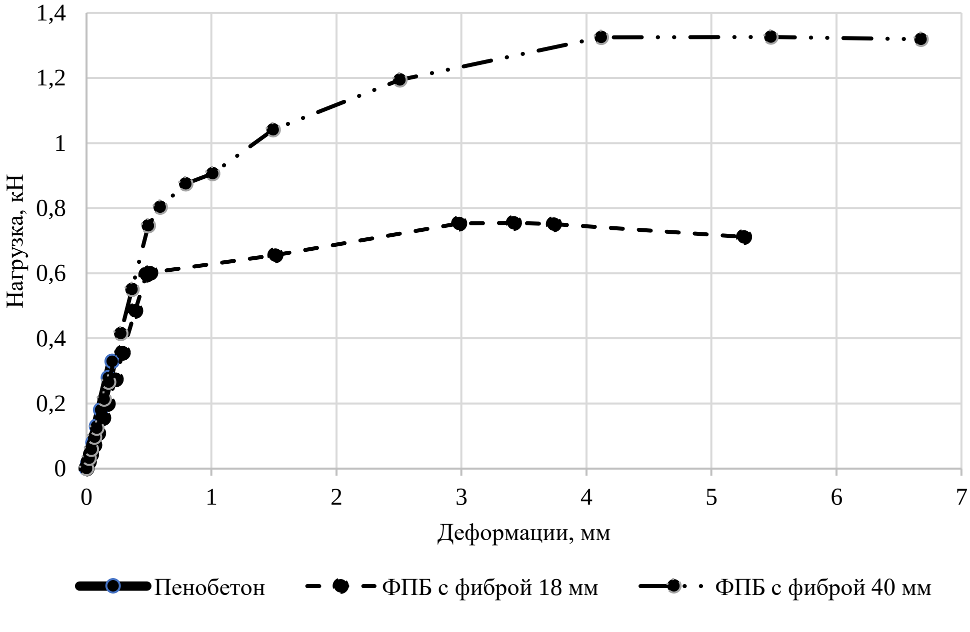


Рис. 1. Конструкционные свойства пено- и фибропенобетонов

Из графика, представленного на рис. 1, следует, что дисперсное армирование пенобетона полипропиленовыми волокнами принципиально влияет на такие его свойства, как модуль упругости на растяжение при изгибе, предельную деформативность и механическую прочность. Результаты эксперимента, представленные в координатах «нагрузка — деформации», отражают тот факт, что пенобетон разрушается хрупко, и величина его предельной растяжимости, установленная при испытании образцов размером 150×150×600 мм, не превышает 0,58 мм/м при модуле упругости E = 6250 МПа.

Равноплотный контрольному фибропенобетон, содержавший 1,5 % полипропиленовых волокон длиной 18 мм, повысил свою предельную деформативность до 1,20 мм/м при модуле упругости 11178 МПа. Увеличение длины фибры до 40 мм позволило получить каменный материал с предельной растяжимостью 1,23 мм/м и модулем упругости на растяжение при изгибе 15114 МПа. Представленные значения конструкционных свойств фибропенобетона D600 показывают, что по величине модуля упругости исследованный фибропенобетон может конкурировать с мелкозернитстым бетоном слитной структуры класса B10 или классическим бетоном класса B7,5.

Важно отметить, что в ходе испытаний на растяжение при изгибе крупноразмерные балки из классического пенобетона под действием разрушающей нагрузки хрупко разделялись на части. То есть изделия из такого материала при возникновении чрезвычайных ситуаций (землетрясения, взрывы и т. п.) становятся травмоопасными. Балки из дисперсно армированного пенобетона размером 150×150×600 мм сначала визуально прогибались, затем в растянутой зоне возникала магистральная трещина, но полного разделения образца на части не происходило. Балка утрачивала несущую способность, однако дисперсная арматура, расположенная перпендикулярно направлению развития трещины, предупреждала о возможности разделения изделия на части (рис. 2) и создавала предпосылки для защиты живых организмов от осколков конструкции.



Рис. 2. Фото балки из фибропенобетона размером 150×150×600 мм после утраты несущей способности

Расчет прочности крупноразмерных балок на растяжение при изгибе показал, что у пенобетона она составила 46 кПа. У равноплотного пенобетона с фиброй длиной 18 мм в 3,6 раза выше, т. е. 168 кПа. Если фибра имеет длину 40 мм, то прочность на растяжение при изгибе в 6,4 раза выше контрольного и достигает 296 кПа.

Обсуждение и заключения. Представленные результаты отражают комплексное положительное влияние дисперсного армирования полипропиленовыми волокнами на свойства смесей и затвердевших пенобетонов. Это позволяет прогнозировать значимый технико-экономический эффект в случае освоения технологии и применения изделий из таких материалов, потому что:

– ускорение фазового перехода пенобетонных смесей «из вязкого в упругое» при их дисперсном армировании полипропиленовыми волокнами создает комфортные условия для формирования высокопрочных межпоровых перегородок в газонаполненном бетоне;

– повышение предельной растяжимости каменных материалов лежит в основе их эксплуатационной надежности при эксплуатации в условиях знакопеременных температур, при широком размахе колебаний относительной влажности среды и при сейсмических воздействиях;

– рост модуля упругости на растяжение позволяет прогнозировать возможность расширения номенклатуры изделий из фибропенобетона;

– повышение прочности изделий заводского изготовления на растяжение при изгибе создает предпосылки для уменьшения потерь при их транспортировании, что особенно значимо для районов РФ с проблемными дорогами и не имеющими развитой инфраструктуры.

Список литературы

1. Казин А.С. Индустриальное домостроение: вчера, сегодня, завтра. *Жилищное строительство.* 2018;(10):22–26. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/industrialnoe-domostroenie-vchera-segodnya-zavtra (дата обращения: 07.09.2023).

2. Фаррахов А.Г. Особенности ресурсосбережения в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность.* 2015;11(11):53–60. URL: https://www.fin-izdat.ru/journal/national/detail.php?ID=65126 (дата обращения: 07.09.2023).

3. Песцов В.И., Оцоков К.А., Вылегжанин В.П., Пинскер В.А. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России. *Строительные материалы.* 2004;(3):7–8. URL: http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf (дата обращения: 07.09.2023).

4. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства. *Строительные материалы.* 2004;(3):44–45. URL: http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf (дата обращения: 04.09.2023).

5. Моргун В.Н., Моргун Л.В., Смирнова П.В., Набокова Я.С., Костыленко К.И., Богатина А.Ю. Строительная наука для реализации ФЗ № 261. *Техническое регулирование.* 2011;(10):21–24.

6. Пухаренко Ю.В., Голубев В.Ю. О вязкости разрушения фибробетона. *Вестник гражданских инженеров.* 2008;(3):80–83.

7. Лобанов И.А. Особенности структуры и свойств дисперсно армированных бетонов. В: *Сборник трудов «Технология изготовления и свойства новых композиционных строительных материалов»*. Ленинград: ЛИСИ; 1982. С. 5–10.

8. Лобанов И.А., Пухаренко Ю.В. *Сырьевая смесь для изготовления ячеистых бетонов.* Патент СССР, авторское свидетельство № 863545.1981. 3 с. URL: https://patentdb.ru/image/1872622 (дата обращения: 02.09.2023).

9. Перепелкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности. *Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. Д.И. Менделеева).* 2002;46(1):31–48. URL: https://www.chem.msu.su/rus/jvho/2002-1/31.pdf (дата обращения: 04.09.2023).

10. Сазанкова Е.С. *Обоснование параметров ленточных конвейеров для транспортирования горной массы по пространственной криволинейной трассе с учетом пусковых режимов.* Дис. канд. техн. наук. Москва; 2012. 149 с.

11. Пухаренко Ю.В., Староверов В.Д., Герасименко А.А. Повышение безопасности и качества строительных материалов на основе оценки опыта и деловой репутации предприятия. *Строительные материалы.* 2019;(5):3–8. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-770-5-3-8

12. Моргун В.Н., Моргун Л.В., Богатина А.Ю. Экспериментальная оценка наноэффектов в технологии пенобетонов. *Строительные материалы.* 2020;(7):45–48. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-782-7-45-48

13. Моргун В.Н. *Способ определения пластической прочности пенобетонной смеси.* Патент РФ, № 2316750. 2008. 6 с.

14. Шахова Л.Д. *Технология пенобетона. Теория и практика.* Монография. Москва: Ассоциация строительных вузов; 2010. 248 с.

15. Моргун Л.В., Вотрин Д.А., Моргун В.Н. Влияние диаметра дисперсной арматуры на скорость фазового перехода в пенобетонных смесях. *Строительные материалы.* 2018;(11):27–30. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-765-11-27-30

16. Perepelkin K.E. Russian Aromatic Fibres. Hearle J.W.S. (ed.) In book: *High-Performance Fibres.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2001. 334 p. URL: http://library.navoiy-uni.uz/files/hearle%20j.w.s.%20(ed.)%20-%20high%20performance%20fibres%20(1st%20edition)(2001)(329s).pdf (дата обращения: 07.09.2023).

17. Перцев В.Т. *Управление процессами раннего структурообразования бетонов.* Монография. Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет; 2006. 234 с

References

1. Kazin AS. Industrial Housing Construction: Yesterday, Today, Tomorrow. *Housing Construction.* 2018;(10):22–26. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/industrialnoe-domostroenie-vchera-segodnya-zavtra (accessed: 07.09.2023). (In Russ.).

2. Farrakhov AG. Resource-Saving in the Construction and Housing-and-Utilities Sector. *National Interests: Priorities and Security.* 2015;11(11):53–60. URL: https://www.fin-izdat.ru/journal/national/detail.php?ID=65126 (accessed: 07.09.2023). (In Russ.).

3. Pestsov VI, Otsokov KA, Vylegzhanin VP, Pinsker VA. The Efficiency of the Cellular Concrete Use in the Construction of Russia. *Stroitel'nye materialy (Construction Materials).* 2004;(3):7–8. URL: http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf (accessed: 07.09.2023). (In Russ.).

4. Pinsker VA, Vylegzhanin VP. Cellular Concrete as a Time-Tested Material for Capital Construction. *Stroitel'nye materialy (Construction Materials).* 2004;(3):44–45. URL: http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf (accessed: 04.09.2023). (In Russ.).

5. Morgun VN, Morgun LV, Smirnova PV, Nabokova YaS, Kostylenko KI, Bogatina AYu. Civil engineering Science for the Implementation of Federal Law No. 261. *Tekhnicheskoe regulirovanie* . 2011;(10):21–24. (In Russ.).

6. Pukharenko YuV, Golubev VYu. About the Viscosity of the Fiber Concrete Destruction. *Bulletin of Civil Engineers.* 2008;(3):80–83. (In Russ.).

7. Lobanov IA. Features of the Structure and Properties of Dispersed Reinforced Concrete. In: *Collection of Works "Manufacturing Technology and Properties of New Composite Building Materials".* Leningrad: LISI; 1982. P. 5–10. (In Russ.).

8. Lobanov IA, Pukharenko YuV. *Raw Mix for the Manufacture of Cellular Concrete.* USSR Patent, Certificate No 863545.1981. 3 p. URL: https://patentdb.ru/image/1872622 (accessed: 02.09.2023). (In Russ.).

9. Perepelkin KE. Modern Chemical Fibers and Prospects for Their Use in the Textile Industry. Rossiiskii *Khimicheskii Zhurnal (Russian Chemistry Journal) (Journal of the Russian Chemical Society named after D.I.Mendeleev).* 2002;46(1):31–48. URL: https://www.chem.msu.su/rus/jvho/2002-1/31.pdf (accessed: 04.09.2023). (In Russ.).

10. Sazankova ES. *Justification of the Parameters of Belt Conveyors for Transporting Rock Mass along a Spatial Curved Route, Taking into Account the Starting Modes.* Cand.Sci (Engineering) Dissertation. Moscow; 2012. 149 p. (In Russ.).

11. Pukharenko YuV, Staroverov VD, Gerasimenko AA. Improving the Safety and Quality of Building Materials Based on the Assessment of Experience and Business Reputation of the Enterprise. *Stroitel'nye materialy (Construction Materials).* 2019;(5):3–8. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-770-5-3-8 (In Russ.).

12. Morgun VN, Morgun LV, Bogatina AYu. Experimental Assessment of Nano-Effects in Foam Concrete Technology. *Stroitel'nye materialy (Construction Materials).* 2020;(7):45–48. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-782-7-45-48 (In Russ.).

13. Morgun VN. *Method of Determination of Plastic Strength of Foam Concrete Mixtures.* RF Patent No 2316750. 2008. 6 p. (In Russ.).

14. Shakhova LD. *Foam Concrete Technology. Theory and Practice.* Monograph. Moscow: Association of Civil Engineering Universities; 2010. 248 p. (In Russ.).

15. Morgun LV, Votrin DA, Morgun VN. Influence of the Disperse Reinforcement Diameter on the Speed of Phase Transfer in Fibro-Foam Concrete Mixes. *Stroitel'nye materialy (Construction Materials).* 2018;(11):27–30. https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-765-11-27-30 (In Russ.).

16. Perepelkin K.E. Russian Aromatic Fibres. Hearle J.W.S. (ed.) In book: *High-Performance Fibres.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2001. 334 p. URL: http://library.navoiy-uni.uz/files/hearle%20j.w.s.%20(ed.)%20-%20high%20performance%20fibres%20(1st%20edition)(2001)(329s).pdf (accessed: 07.09.2023).

11. Pertsev VT. *Management of the Early Concrete Structuring Processes.* Monograph. Voronezh: Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering; 2006. 234 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 12.09.2023
Поступила после рецензирования 22.09.2023
Принята к публикации 06.10.2023

Об авторе:

Моргун Владимир Николаевич, доцент кафедры Инженерно-строительных дисциплин Южного федерального университета (344006, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42), кандидат технических наук, vnmorgun@sfedu.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Received 12.09.2023
Revised 22.09.2023
Accepted 06.10.2023

About the Author:
Vladimir N. Morgun, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Engineering and Construction Disciplines Department, Southern Federal University (105/42, B. Sadovaya str., Rostov-on-Don, 344006, RF), vnmorgun@sfedu.ru

Conflict of interest statement: the author do not have any conflict of interest.

Author have read and approved the final manuscript.